



File

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

Giorgio SBERVEGLIERI et al.

Group Art Unit: 1753

Application No.: 10/830,133

Examiner: Not yet assigned

Filed: April 23, 2004

Attorney Dkt. No.: 58620.00010

For: THIN SEMICONDUCTOR FILM GAS SENSOR DEVICE

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 USC § 119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

July 13, 2004

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

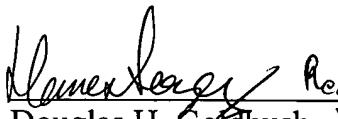
Italian Patent Application No.TO2003 A 000318 filed on April 24, 2003 in Italy

In support of this claim, certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Please charge any fee deficiency or credit any overpayment with respect to this paper to Counsel's Deposit Account No. 50-2222.

Respectfully submitted,


for Douglas H. Goldhush
Registration No. 33,125

Customer No. 32294

SQUIRE, SANDERS & DEMPSEY LLP
14TH Floor
8000 Towers Crescent Drive
Tysons Corner, Virginia 22182-2700
Telephone: 703-720-7800
Fax: 703-720-7802

DHG:kbd

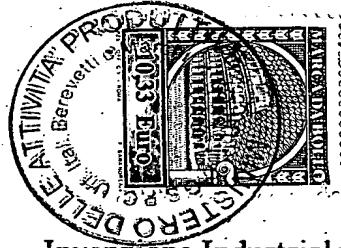
Enclosure: Priority Document (1)



Ministero delle Attività Produttive

Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività
Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

Ufficio G2



Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per:

Invenzione Industriale

N. TO2003 A 000318

Si dichiara che l'unità copia è conforme ai documenti originali depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati risultano dall'accleso processo verbale di deposito.

4 MAG. 2004

Roma, li

IL FUNZIONARIO

Paola Lanza
Dr.ssa Paola Giuliano

FOGLIO AGGIUNTIVO n. 01 di totali 11

DOMANDA N.

REG. A

NÍG

A. RICHIEDENTE (I)

E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

0.5) FALASCONI MATTEO

LULL.

F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegat
S/R

SCIOLIMENTO RISERVE

FIRMA DEL (I) RICHIEDENTE (I)

ANGELO GERBINO
(Scri. No. 488BM)

Jacobacci & Partners S.p.A.

SPAZIO RISERVATO ALL'UFFICIO CENTRALE BREVETTI

RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE

NUMERO DOMANDA TO 2003 A 000318 FIG. 1

DATA DI DEPOSITO 24/04/2003
DATA DI RILASCIO 11/11/2003

A. RICHIEDENTE (0)

Denominazione SACMI COOPERATIVA MECCANICI IMOLA S.C.A.R.L.
Residenza IMOLA BO

D. TITOLO

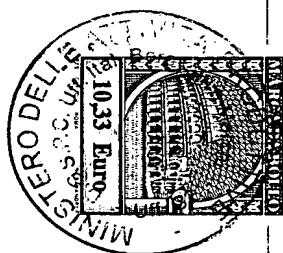
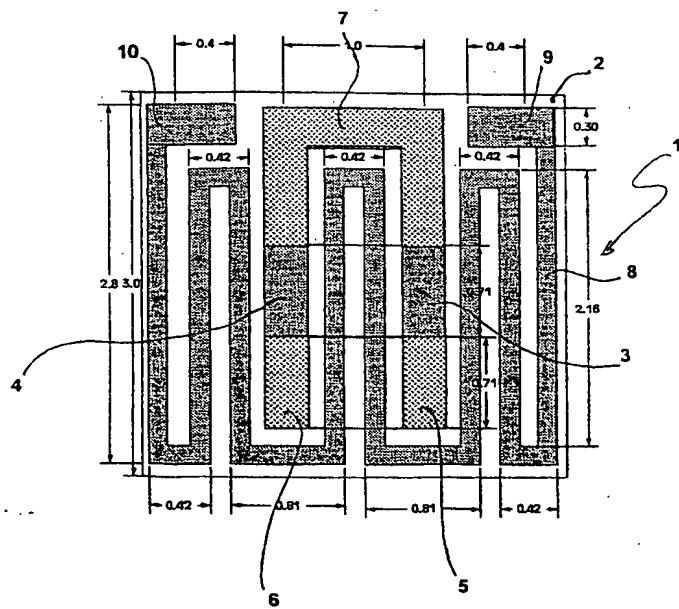
DISPOSITIVO SENSORE DI GAS A FILM SOTTILE SEMICONDUTTORE.

Classe proposta (sez./cl./scl.) / (gruppo/sottogruppo) /

L. RIASSUNTO

Un dispositivo sensore di gas del tipo a film semiconduttore comprende, su una singola faccia di un substrato isolante, almeno un sensore di gas, un film resistivo riscaldante ed elementi conduttori di contatto elettrico dei sensori e del film riscaldante; l'elemento riscaldante, i film sensori di gas e gli elementi conduttori di collegamento sono interamente realizzati mediante tecnica di deposizione di sputtering. (Fig. 6)

M. DISEGNO



DESCRIZIONE dell'invenzione industriale da titolo:

"Dispositivo sensore di gas a film sottile semiconduttore"

Di: SACMI Cooperativa Meccanici Imola S.c.a.r.l., nazionalità italiana, Via Selice Provinciale 17/A, 40026 IMOLA (Bologna)

Inventori designati: Giorgio SBERVEGLIERI, Elisabetta COMINI, Guido FAGLIA, Camilla BARATTO, Matteo FALASCONI

Depositata il: 24 APR. 2003 10 2003 A 000318

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un dispositivo sensore di gas a film sottile semiconduttore, del tipo comprendente un substrato isolante, un film sottile semiconduttore applicato al substrato ed un elemento resistivo riscaldante atto a riscaldare il substrato ed il film semiconduttore ad esso associato ad una temperatura operativa predeterminata.

Dispositivi sensori del tipo sopra citato sono ampiamente noti nella tecnica, essendo la loro produzione su larga scala iniziata fin dagli anni Settanta.

In una prima forma di attuazione, il sensore

PR/cp

era realizzato depositando il film su un substrato ceramico a forma di tubo, avendo come elemento riscaldante un filo di un metallo altopondente.

Recentemente, si è passati - per maggior riproducibilità del sensore stesso - alla realizzazione del sensore su un substrato di allumina avente su una faccia l'elemento riscaldante, realizzato con materiali conduttori e sull'altra faccia il film sensore di gas e relativi contatti elettrici.

Un'ampia rassegna delle tecniche produttive di tali sensori, ottenuti depositando mediante sputtering tutti i film che costituiscono il sensore nel suo complesso, è fornita dai riferimenti 1-16 citati al termine della presente descrizione.

Le geometrie (patterning) per la realizzazione dei diversi film che costituiscono il sensore sono per lo più ottenute con la tecnica delle maschere metalliche (shadows masks).

Nella fig.1, attinente alla tecnica anteriore, sono riportare in modo schematico le fasi di realizzazione di un sensore a doppia faccia.

Il processo globale comprende due fasi per il lato inferiore e precisamente la deposizione dei pad (reofori) e la deposizione dell'elemento riscaldante e tre fasi per il lato superiore compren-

denti la deposizione del film, la deposizione dei pad e la deposizione degli elettrodi interdigitati.

I limiti evidenti della soluzione nota illustrata sono in particolare nella fase di saldatura dei quattro terminali al substrato ed al contenitore (case) di tipo microelettronico, come ad esempio il T08 o altri simili.

In primo luogo, quando si devono saldare i due fili all'elemento riscaldante, occorre - avendo prima saldato i due fili di film sensore di gas o viceversa - girare il substrato. Quest'operazione, oltre ad essere di non facile esecuzione, rallenta il processo di saldatura e può comportare il danneggiamento dei film che compongono il sensore.

In secondo luogo, non si può saldare direttamente il substrato al contenitore, ma bisogna procedere in due passi:

- prima saldare i fili sul sensore, e
- quindi procedere alla saldatura sul contenitore.

Ciò rallenta ulteriormente la realizzazione del dispositivo.

Allo scopo di superare gli inconvenienti della tecnica anteriore, la presente invenzione ha per oggetto un dispositivo sensore avente le caratteri-

stiche richiamate nelle rivendicazioni che seguono.

Tali caratteristiche saranno ulteriormente illustrate con riferimento ai disegni annessi, forniti a titolo di esempio non limitativo, in cui:

- la fig.1 è una rappresentazione schematica che illustra le fasi di realizzazione di un sensore a doppia faccia di tipo noto, come precedentemente discusso;
- la fig.2 è una rappresentazione schematica di una prima maschera per la deposizione del film sensore;
- le figg.3 e 4 sono rappresentazioni schematiche di una seconda e terza maschera utilizzata per la realizzazione degli elementi conduttori di collegamento (contatti);
- la fig.5 è un'immagine registrata al microscopio ottico di un sensore secondo l'invenzione;
- la fig.6 è una rappresentazione schematica del sensore della fig.5;
- le figg.7 e 8 sono diagrammi che rispettivamente illustrano la risposta a due concentrazioni di CO (20, 200 ppm) del primo e secondo sensore semiconduttore di SnO_2 del dispositivo secondo l'invenzione; e
- la fig.9 è un diagramma che illustra la curva



di calibrazione temperatura-potenza per un dispositivo sensore secondo l'invenzione.

La descrizione che segue è riferita a titolo puramente esemplificativo ad una particolare e preferita forma di realizzazione del dispositivo sensore, quale illustrato nelle figg.5 e 6. Tale dispositivo, indicato nel suo insieme con 1, comprende un substrato isolante 2, il quale presenta su una sua singola faccia due sensori di gas a film semiconduttore 3, 4, ciascuno in contatto elettrico con rispettivi elementi conduttori di collegamento ad uno strumento di misurazione della resistenza elettrica dei sensori, indicati con 5, 6 e 7 ed un elemento resistivo riscaldante 8, a sua volta provvisto di elementi conduttori 9 e 10 di collegamento ad una sorgente di energia elettrica.

Il substrato 2 è tipicamente di allumina, ma può essere contemplato l'impiego di substrati diversi, come ad esempio substrati di silicio ricoperti con uno strato isolante.

Nei disegni annessi, le quote ivi riportate - espresse in millimetri - sono da intendersi puramente indicative e non limitative; così ad esempio il substrato può avere dimensioni di circa 3 mm x 3 mm, ma anche dimensioni inferiori, ad esempio 2 mm

x 2 mm con uno spessore dell'ordine di circa 250 μ m.

La deposizione dei film sensori dell'elemento riscaldante e dei relativi elementi conduttori di collegamento è effettuata mediante tecnica di sputtering o polverizzazione catodica con l'utilizzo di maschere del tipo shadow mask, quali illustrate nelle figg.2, 3 e 4.

Il primo passo consiste nella deposizione del film sensibile con una maschera (fig.2) che presenta due sole aperture 3a e 4a, preferibilmente posizionate nella zona centrale del substrato. Nel caso in cui si vogliano depositare due differenti film sensibili, la maschera della fig.2 presenterà una sola apertura e sarà usata in due successivi processi di deposizione.

La natura chimica del film semiconduttore è di per sé nota e comprende ossidi metallici, quali ad esempio ossido di stagno, di zinco e di ferro.

Dopo aver completato il processo di deposizione ed eventualmente di ossidazione/stabilizzazione termica dello strato sensibile, si procede con la deposizione degli elementi conduttori di collegamento che assicurano la saldatura dei fili d'oro. La deposizione degli elementi conduttori permette

di misurare le proprietà elettriche degli strati sensibili e consente di alimentare l'elemento resistivo riscaldante 8, che preferibilmente è costituito da un film di metallo nobile (platino) con configurazione a meandro, atto al raggiungimento della temperatura di lavoro ed inoltre utilizzabile anche come sensore di temperatura.

La deposizione degli elementi conduttori di collegamento è effettuata preferibilmente in due stadi. In un primo stadio, sul substrato 2 sono depositati strati di adesione di titanio/tungsteno, con l'ausilio di una maschera quale illustrata nella fig.3, che a questo scopo presenta due aperture 14a e 15a relative alla formazione degli strati di adesione per gli elementi conduttori di collegamento 9 e 10 dell'elemento resistivo 8 e tre aperture 11a, 12a e 13a, relative agli strati di adesione per gli elementi conduttori 5, 6 e 7 di collegamento dei film sensibili, l'apertura 13a essendo relativa allo strato di adesione per il contatto di massa.

In un secondo stadio, viene effettuata la deposizione dell'elemento resistivo 8 di metallo nobile (platino), unitamente alla deposizione di un secondo strato di metallo nobile (platino) sugli strati

di adesione precedentemente indicati. Tale operazione viene effettuata con l'ausilio di una maschera, quale illustrata nella fig.4, in cui le aperture 8a, 9a e 10a sono relative alla formazione dell'elemento resistivo 8 e rispettivamente del secondo strato di metallo nobile (platino) degli elementi conduttori 9 e 10 e le aperture 5a, 6a e 7a sono relative alla formazione del secondo strato di platino degli elementi conduttori 5, 6 e 7 dei due film sensibili.

Lo spessore di questo strato di deposizione dipende dal tipo di misure che si vogliono effettuare, dal campo di temperature che si vogliono coprire e dalla tensione che si vuole applicare all'elemento riscaldante.

Nella configurazione attualmente preferita, l'elemento resistivo riscaldante 8 presenta una configurazione a meandro, avente una pluralità di anse ed i due film sensibili semiconduttori 3 e 4 sono disposti sul substrato all'interno di due anse non consecutive del meandro aventi apertura rivolta dalla stessa parte.

In questa forma di attuazione, gli elementi conduttori di collegamento dei film semiconduttori comprendono preferibilmente un elemento con confi-



gurazione a U 7, i cui bracci - le cui estremità sono a contatto rispettivamente con i due film semiconduttori 3 e 4 - si estendono all'interno di due anse non consecutive.

Si intende che la geometria dell'elemento resistivo riscaldante potrà essere variata rispetto a quanto descritto ed illustrato, in modo da raggiungere la stessa temperatura di lavoro, eventualmente con una minore potenza elettrica.

I diagrammi delle figg. 7 e 8 riportano i risultati della caratterizzazione elettrica eseguita sui due film sensori, a base di SnO_2 del dispositivo secondo l'invenzione.

Il dispositivo è stato testato mediante monosido di carbonio a tre diverse concentrazioni: 5 (dato non riportato in diagramma), 20 e 200 ppm. I grafici mostrano la variazione della corrente elettrica nel film sensibile al variare della concentrazione di CO alla temperatura di lavoro di 400°C , indicando curve di risposta pressoché identiche per i due film sensori del dispositivo.

Grazie alla realizzazione di due sensori di gas su uno stesso substrato, vengono messi a disposizione due segnali elettrici diversi (nel caso di due strati diversi) per la stessa miscela di gas da

analizzare. In questo modo, si incrementa la selettività del sensore, potendo effettuare un'adeguata analisi dei segnali con opportuni algoritmi.

Un ulteriore vantaggio è relativo alla possibilità di effettuare saldature più semplici, più rapide e con minori rischi di danneggiamento dei film sottili. Le saldature dei film sensibili del filamento riscaldante si possono effettuare in sequenza, senza capovolgere il substrato; inoltre, con un opportuno supporto si può effettuare direttamente la saldatura del dispositivo sul contenitore, ad esempio del tipo TO8.

Un ulteriore vantaggio risulta dalla maggior semplicità del processo produttivo che richiede tre fasi operative, in quanto - con una stessa fase di processo - si possono realizzare sia i contatti elettrici sui film, sia sull'elemento riscaldante.

Inoltre, si possono depositare in una sola fase anche gli strati di adesione di titanio/tungsteno sia per l'elemento resistivo riscaldante, sia per i due elementi conduttori dei film sensibili.

RIFERIMENTI

- [1] G.Sberveglieri et al., *Sensors and Actuators B* **4** (1991) 457;
- [2] G.Sberveglieri et al., *Sensors and Actuators B* **5** (1991) 253;
- [3] G.Sberveglieri et al., *J. Mater. Sci. Lett.* **10** (1991) 602;
- [4] G.Sberveglieri et al., *Sensors and Actuators B* **7** (1992) 721;
- [5] G.Sberveglieri, G.Faglia, S.Groppelli, P.Nelli, *Tech. Digest 6th Int. Conf. Solid State Sensors and Actuators, San Francisco, CA, USA* (1991) 165;
- [6] G.Sberveglieri et al., *Sensors and Actuators B* **6** (1992) 239;
- [7] G.Sberveglieri et al., *Sensors and Actuators B* **15-16** (1993) 86;
- [8] G.Sberveglieri et al., *Abstr. New Development in Semiconducting Gas Sensors* Sept. 13-14, 1993, Castro Marina (Italy);
- [9] G.Sberveglieri, S.Groppelli, P.Nelli, *Abs. Eurosensors VIII* Sept. 25-28, 1994, Tolouse (France);
- [10] G.Sberveglieri et al., *Sensors and Actuators B* **23** (1995) 103;

[11] G.Sberveglieri et al., *Advanced Materials* **8**
(1996) 334;

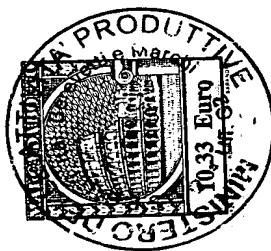
[12] G.Sberveglieri et al., *Sensors and Actuators B*
44 (1997) 499;

[13] G.Faglia et al., *Sensors and Actuators B* **57**
(1999) 188;

[14] E.Comini et al., *Sensors and Actuators B* **68**
(2000) 168;

[15] E.Comini et al., *Sensors and Actuators* **70**
(2000) 108;

[16] E.Comini et al., *J.Mater.Res.*, **16** (2001) 1559;



RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo sensore di gas, comprendente un substrato isolante (2), un film sottile semiconduttore (3, 4) applicato al substrato ed un elemento resistivo riscaldante (8) atto a riscaldare il substrato ed il film semiconduttore ad esso associato ad una temperatura predeterminata, caratterizzato dal fatto che comprende almeno un distinto elemento sensore (3, 4) a film sottile semiconduttore applicato ad una singola faccia del substrato (2) e provvisto di rispettivi elementi conduttori di collegamento (5, 6, 7) ed un elemento resistivo riscaldante (8), applicato a detta faccia del substrato (2), provvisto di rispettivi elementi conduttori (9, 10) di collegamento ad una sorgente di energia elettrica.
2. Dispositivo sensore di gas secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che comprende una pluralità di distinti elementi sensori (3, 4), applicati ad una singola faccia del substrato (2), preferibilmente da uno a quattro sensori.
3. Dispositivo sensore di gas secondo le rivendicazioni 1 o 2, caratterizzato dal fatto che il dispositivo sensore di gas comprende un substrato (2) di allumina, ovvero di silicio ricoperto da uno

strato isolante, di dimensioni superficiali comprese tra 1 e 25 mm², e preferibilmente comprese tra 4 e 9 mm².

4. Dispositivo sensore di gas secondo le rivendicazioni 1 o 2, caratterizzato dal fatto che detto elemento resistivo (8) presenta una configurazione a meandro, avente una pluralità di anse ed in cui detti almeno uno o detta pluralità di film semiconduttori (3, 4) sono disposti ciascuno all'interno di una rispettiva ansa del meandro.

5. Dispositivo sensore di gas secondo la rivendicazione 4 comprendente almeno due film semiconduttori (3, 4), caratterizzato dal fatto che detti elementi conduttori (5, 6, 7) di collegamento dei film semiconduttori comprendono un elemento sagomato a U (7), i cui bracci a contatto con un rispettivo film semiconduttore (3, 4) si estendono all'interno di dette anse dell'elemento resistivo (8).

6. Dispositivo semiconduttore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 5, caratterizzato dal fatto che detti elementi conduttori di collegamento (5, 6, 7, 9, 10) sono formati da un primo strato costituito da un film di titanio/tungsteno, depositato sul substrato (2) e da un secondo strato so-

vrapposto di platino.

7. Dispositivo semiconduttore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 6, caratterizzato dal fatto che detto almeno un film semiconduttore (3, 4) è di ossido di stagno.

8. Procedimento per la produzione di un dispositivo sensore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 7, caratterizzato dal fatto che comprende le operazioni di:

- depositare mediante sputtering almeno un distinto elemento sensore a film sottile semiconduttore (3, 4) su di una singola faccia del substrato (2),
- depositare su detta faccia strati di adesione di titanio/tungsteno per la formazione di detti elementi conduttori (5, 6, 7, 9, 10) di collegamento degli elementi sensori (3, 4) e dell'elemento resistivo riscaldante (8), e
- depositare su detta faccia una pellicola conduttiva di metallo nobile, secondo un motivo formante detto elemento resistivo riscaldante (8) ed un secondo strato conduttivo, di metallo nobile, su detti strati di adesione.

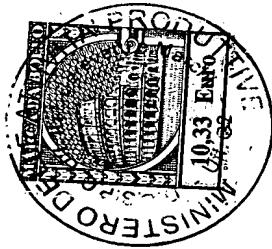
9. Procedimento per la produzione di un dispositivo sensore secondo la rivendicazione 8, in cui su

detta faccia del substrato (2) è depositata una pluralità di distinti elementi sensori (3, 4).

PER INCARICO

ANGELO GERBINO
(ISCR. NO. 488BM)
Angelo Gerbino

AMM. 1
CAMERA DI COMMERCIO
INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA
DI TORINO



TO 2003A000318

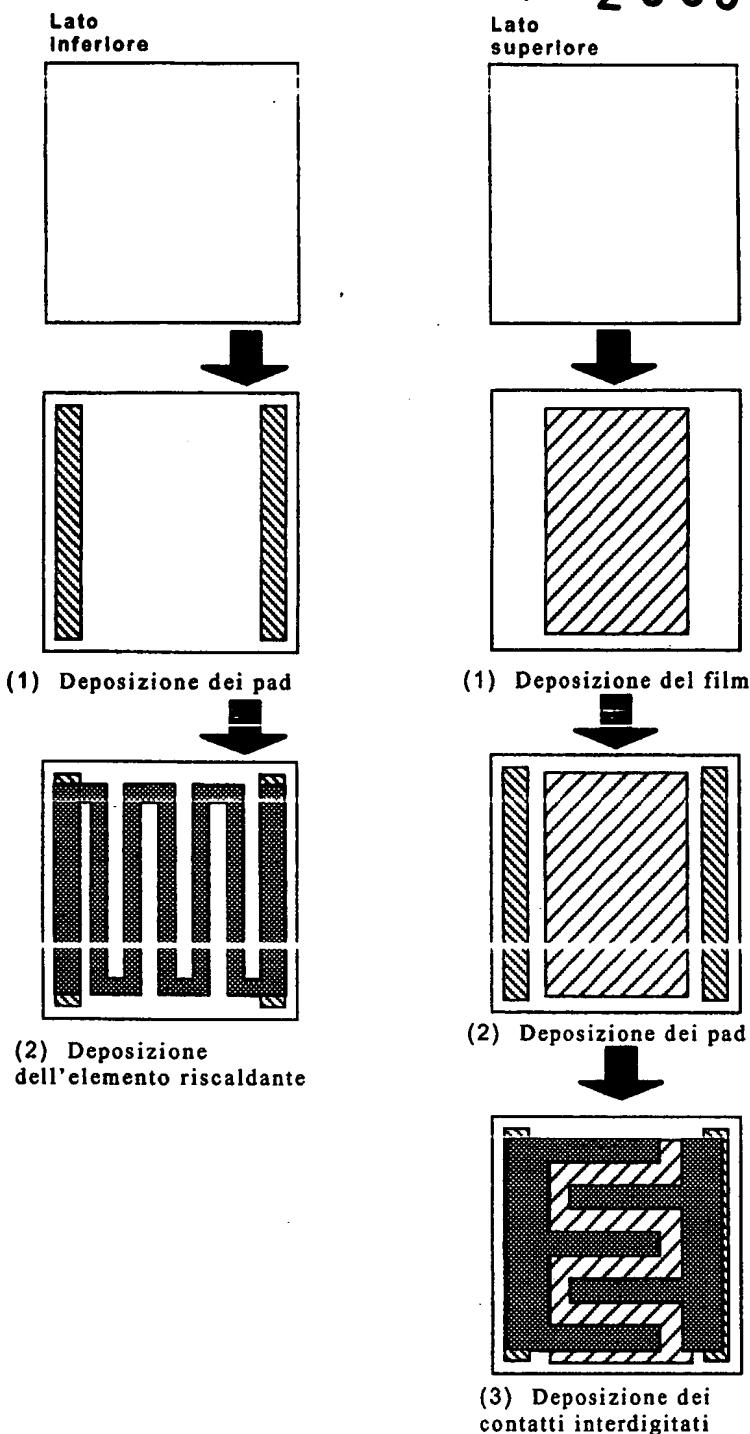


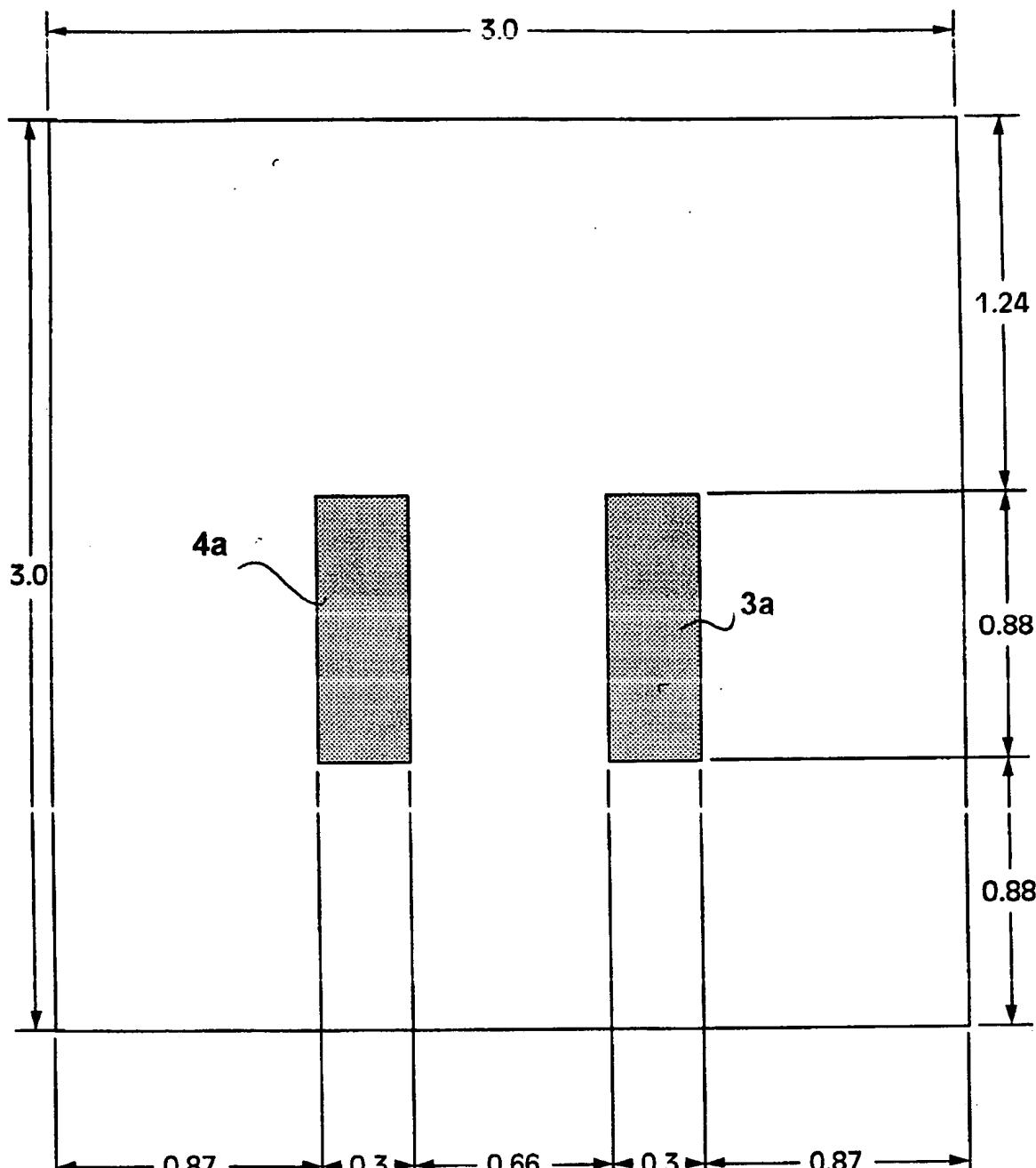
FIG.1

Mb
CAFFERA DI COMMERCIO
INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA
DI TORINO

Angelino
ANGELO GEBBINO
(ISCR. NO. 4883M)

Per incarico di: **SACMI COOPERATIVA MECCANICI IMOLA S.c.a.r.l.**

TO 2003 A 000318



Vuoto

Pieno

FIG.2

M.6
L'INDUSTRIA COMMERCIO
INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA
DI TORINO

Angel
ANGELO GERBINO
(Iscr. No. 488BM)

Per incarico di: SACMI COOPERATIVA MECCANICI IMOLA S.c.a.r.l.

TO 2003A000318

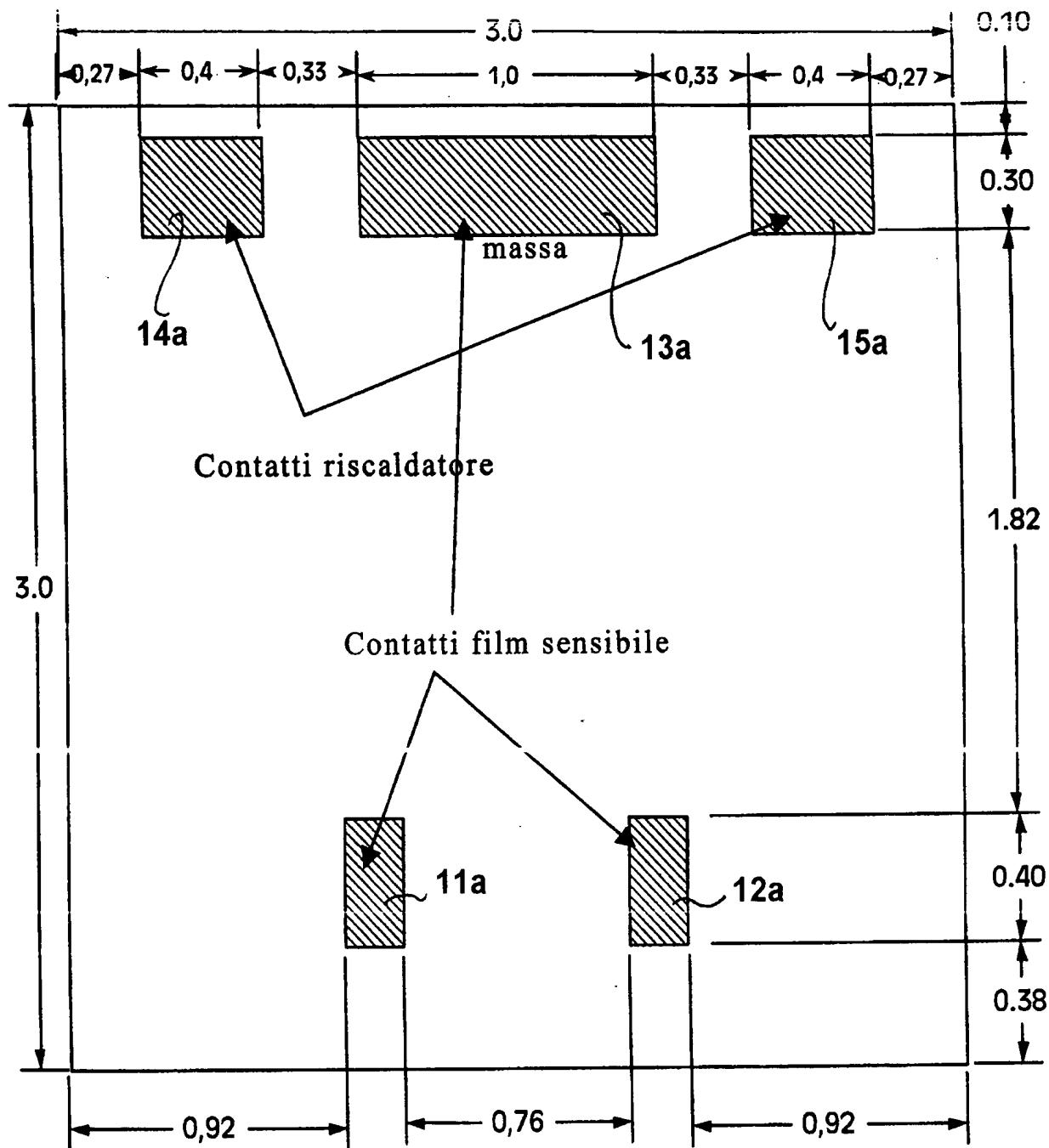
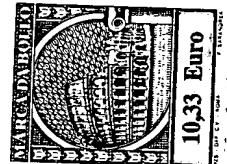
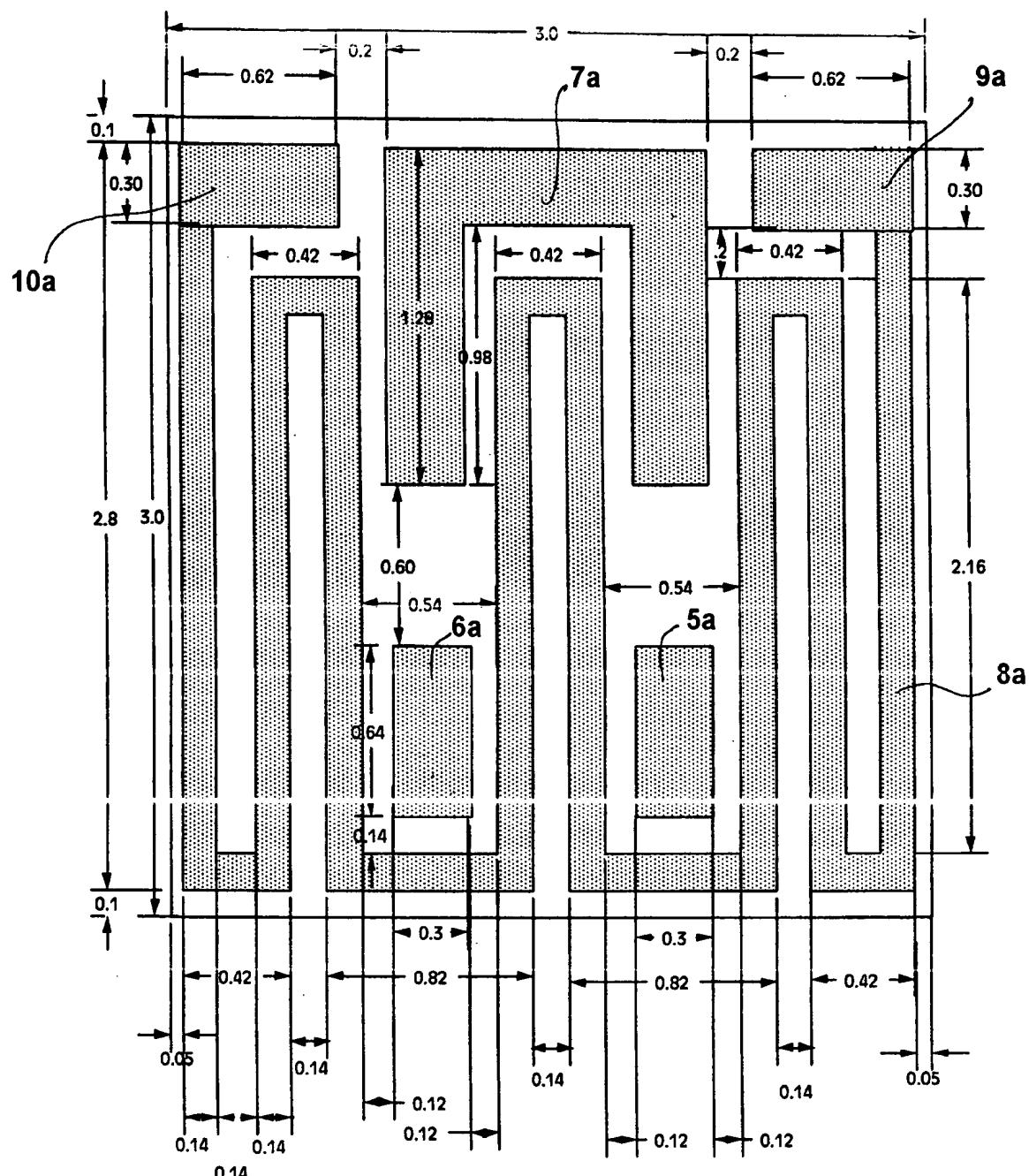


FIG.3

Per incarico di: SACMI COOPERATIVA MECCANICI IMOLA S.c.a.r.l.

ANGELO GERRBINO
INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA
DI TORINO

ANGELO GERRBINO
(Iscr. No. 488BM)



Vuoto
 Pieno

FIG.4

ANGELO GERBINO
 SOCIETÀ COOPERATIVA
 INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA
 DI TORINO

Angelo Gerbino
 ANGELO GERBINO
 (scr. No. 488BM)

TO 2003A000318

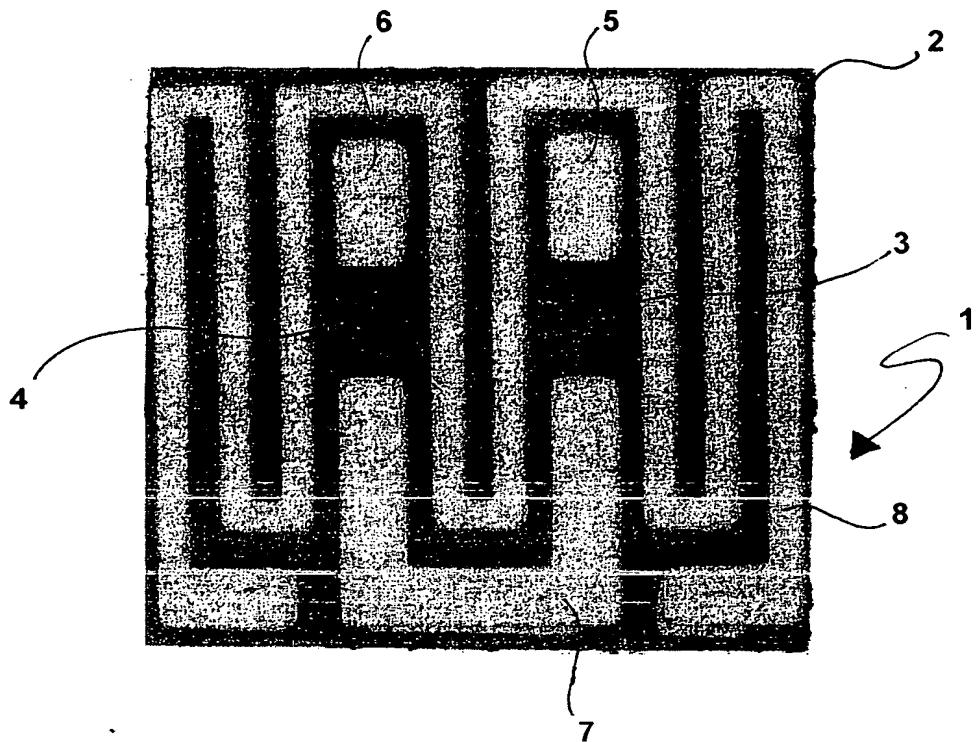


FIG.5

Ufficio
CAMERA DI COMMERCIO
INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA
DI TORINO

Angelo Gerbino
Per incarico di: SACMI COOPERATIVA MECCANICI IMOLA S.c.a.r.l.
Angelo GERBINO
(ISCR. N. 488BM)

TO 2003A000318

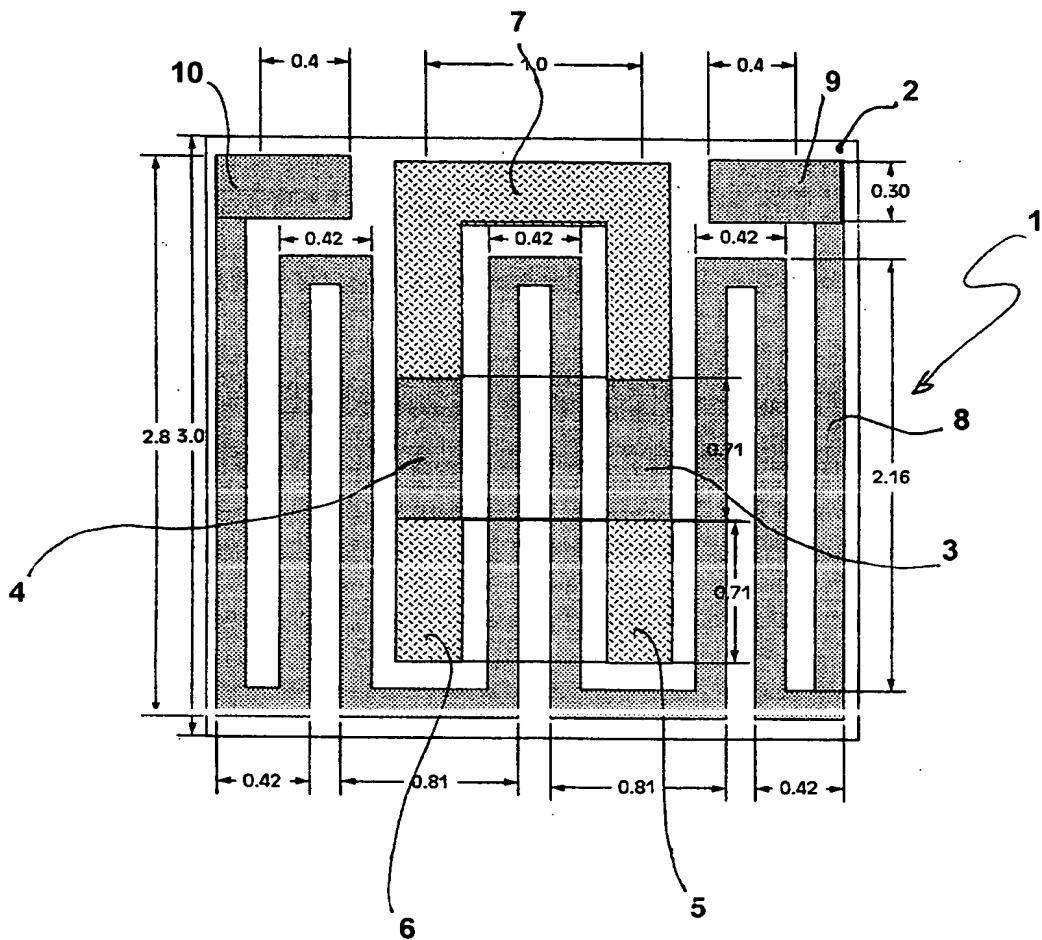


FIG.6

Per incarico di: SACMI COOPERATIVA MECCANICI IMOLA S.c.a.r.l.

Mil
CHAMBER OF COMMERCE
INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA
DI TORINO

Angel
ANGELO GERBINO
(Iscr. No. 488BM)

TO 2003A 000318

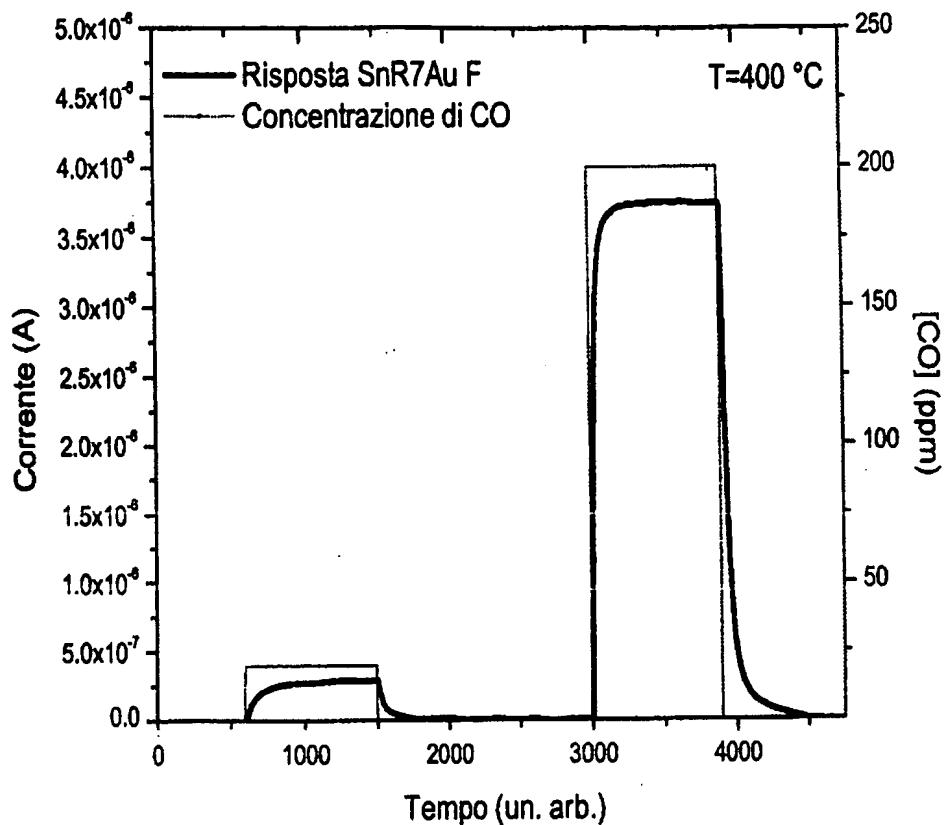


FIG.7

UNIVERSITÀ DI COMMERCI
INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA
DI TORINO

Angelo Gerbino
(Iscr. No. 488BM)

Per incarico di: SACMI COOPERATIVA MECCANICI IMOLA S.c.a.r.l.

T0 2003A000318

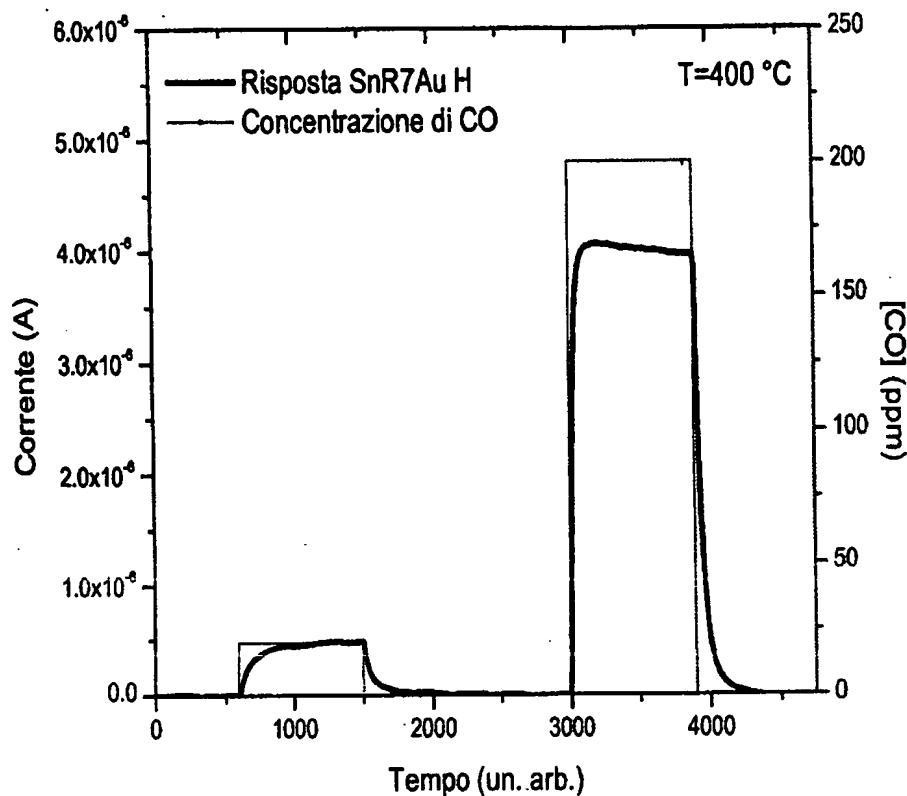


FIG.8



M
CAMERA DI COMMERCIO
INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA
DI TORINO

Angelo Gerbino
ANGELO GERBINO
(Iscr. No. 488BM)

Per incarico di: SACMI COOPERATIVA MECCANICI IMOLA S.c.a.r.l.

T0 2003A00318

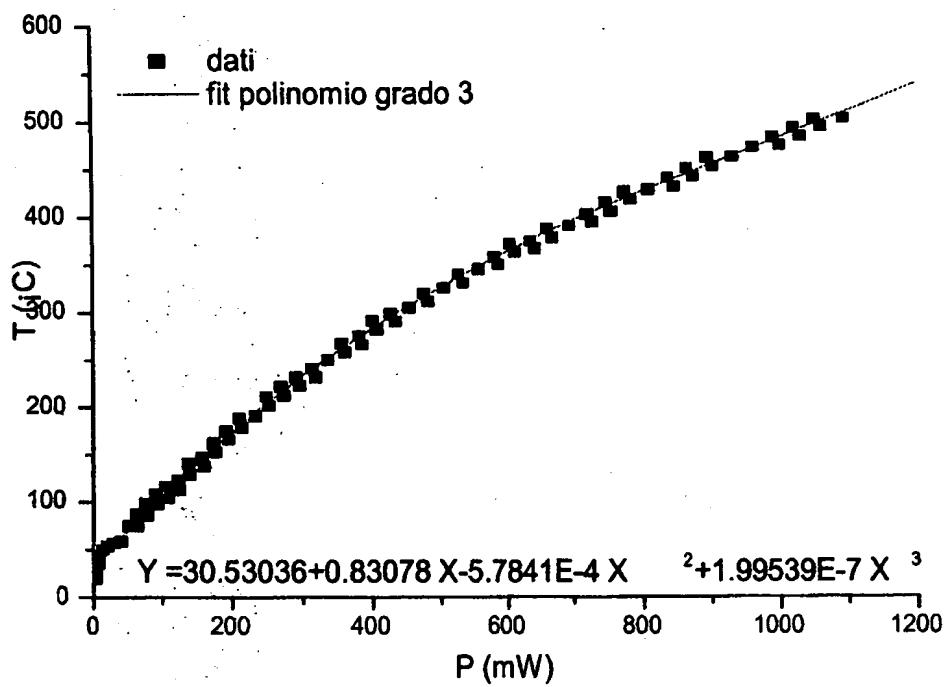


FIG.9

M. L.
CANTIERA DI COOP. SACMI
ARTIGIANATO E AGRICOLTURA
DI TORINO

Per incarico di: SACMI COOPERATIVA MECCANICI IMOLA S.c.a.r.l.

Angelo Gerbino
ANGELO GERBINO
(scr. No. 488BM)